

Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung.

1. Ruang lingkup.

1.1. Petunjuk teknis sistem pencahayaan buatan dimaksudkan untuk digunakan sebagai pegangan bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung didalam merancang sistem pencahayaan buatan dan sebagai pegangan bagi para pemilik/pengelola gedung didalam mengoperasikan dan memelihara sistem pencahayaan buatan.

1.2. Agar diperoleh sistem pencahayaan buatan yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan, keamanan dan memenuhi ketentuan yang berlaku untuk bangunan gedung.

1.3. Standar ini mencakup persyaratan minimal sistem pencahayaan buatan dalam bangunan gedung.

2. Acuan.

- a). *National Electric Code (NEC).*
- b). *Illuminating Engineering Society (IES).*
- c). *International Electrotechnical Commission (IEC).*
- d). *Australian Standard.*

3. Istilah dan definisi.

3.1 armatur

rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendali listrik.

3.2 balast

alat yang dipasang pada lampu TL dan lampu pelepasan gas untuk membatasi arus listrik dalam pengoperasian lampu-lampu tersebut.

3.3 koefisien depresiasi

perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru.

3.4 koefisien penggunaan

perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap fluks luminus yang dipancarkan oleh semua lampu.

3.5 renderasi warna

efek psikofisik suatu sumber cahaya atau lampu terhadap warna obyek-obyek yang diterangi, dinyatakan dalam suatu angka indeks yang diperoleh berdasarkan perbandingan dengan efek warna sumber cahaya referensi pada kondisi yang sama.

3.6 rentang efikasi

rentang angka perbandingan antara fluks luminus dengan daya listrik masukan (lumen/watt).

3.7 rugi-rugi balast

rendemen atau kehilangan daya listrik (dalam watt) akibat pemasangan *balast*.

3.8 tingkat pencahayaan

tingkat pencahayaan pada bidang kerja.

3.9 umur individual teknik

sejumlah jam menyala setelah satu lampu mengalami kegagalan.

3.10 umur minimum

umur lampu yang digariskan oleh pabrik, sebagai contoh lampu proyektor bioskop.

3.11 umur pelayanan

umur lampu setelah fluks luminus turun pada suatu tingkat dimana lampu tersebut masih mengkonsumsi daya listrik secara penuh.

3.12. umur rata-rata

umur teknis rata-rata dari suatu kelompok lampu.

3.13 umur rata-rata pengenalan

umur lampu setelah 50% dari suatu kelompok lampu mengalami kegagalan yang diuji pada laboratorium yang dikontrol kondisi kerjanya.

4. Kriteria Perancangan.

4.1. Tingkat Pencahayaan.

4.1.1. Perhitungan Tingkat Pencahayaan.

a). Tingkat Pencahayaan Rata-rata ($E_{rata-rata}$).

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja

ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata $E_{rata-rata}$ (lux), dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times k_p \times k_d}{A} \text{ (lux)(4.1.1.a).}$$

dimana :

F_{total} = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = luas bidang kerja (m^2).

k_p = koefisien penggunaan .

k_d = koefisien depresiasi (penyusutan).

b). Koefisien Penggunaan (k_p).

Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor :

- 1). distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- 2). perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- 3). reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- 4). pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit,
- 5). dimensi ruangan.

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Merupakan suatu keharusan dari pembuat armatur untuk memberikan tabel k_p , karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik.

c). Koefisien Depresiasi (penyusutan) (k_d).

Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru.

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh :

- 1). kebersihan dari lampu dan armatur.
- 2). kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan.
- 3). penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- 4). penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8.

- d). Jumlah armatur yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan tertentu.

Untuk menghitung jumlah armatur, terlebih dahulu dihitung fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, dengan menggunakan persamaan :

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \text{ (lumen) } \dots\dots\dots \{ (4.1.1.c (1)) \}.$$

Kemudian jumlah armatur dihitung dengan persamaan :

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \dots\dots\dots \{ (4.1.1.c.(2)) \}.$$

dimana :

F_1 = fluks luminus satu buah lampu.

n = jumlah lampu dalam satu armatur.

- e). Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung.

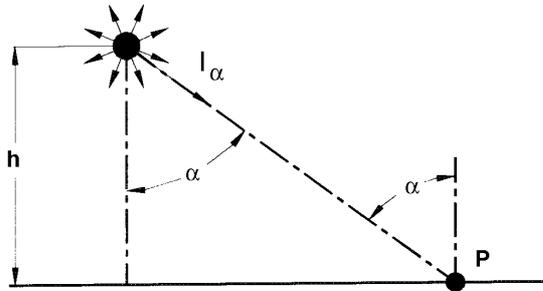
Tingkat pencahayaan oleh komponen cahaya langsung pada suatu titik pada bidang kerja dari sebuah sumber cahaya yang dapat dianggap sebagai sumber cahaya titik, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$E_p = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \text{ (lux)} \dots\dots\dots \{ 4.1.1.d.(1) \}.$$

dimana :

I_{α} = intensitas cahaya pada sudut α (kandela) .

h = tinggi armatur diatas bidang kerja (meter).



Gambar 4.1.1.d : Titik P menerima komponen langsung dari sumber cahaya titik.

Jika terdapat beberapa armatur, maka tingkat pencahayaan tersebut merupakan penjumlahan dari tingkat pencahayaan yang diakibatkan oleh masing-masing armatur dan dinyatakan sebagai berikut :

$$E_{\text{total}} = E_{p_1} + E_{p_2} + E_{p_3} + \dots \dots \dots (\text{lux}) \dots \dots \dots \{4.1.1.d.(2)\}.$$

4.1.2. Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan.

Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan ditunjukkan pada tabel 4.1.2.

Tabel : 4.1.2 : Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
Perkantoran :			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
Lembaga Pendidikan :			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
Hotel dan Restaurant			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
Rumah Sakit/Balai pengobatan			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	

Ruang operasi, ruang bersalin.	300	1	Gunakan pencahayaan setempat pada tempat yang diperlukan.
Laboratorium	500	1 atau 2	
Ruang rekreasi dan rehabilitasi.	250	1	
Pertokoan/Ruang pameran.			
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil).	500	1	Tingkat pencahayaan ini harus dipenuhi pada lantai. Untuk beberapa produk tingkat pencahayaan pada bidang vertikal juga penting.
Toko kue dan makanan.	250	1	
Toko buku dan alat tulis/gambar.	300	1	
Toko perhiasan, arloji.	500	1	
Toko Barang kulit dan sepatu.	500	1	
Toko pakaian.	500	1	
Pasar Swalayan.	500	1 atau 2	Pencahayaan pada bidang vertikal pada rak barang.
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci, dan lain-lain).	250	1 atau 2	
Industri (Umum).			
Ruang Parkir	50	3	
Gudang	100	3	
Pekerjaan kasar.	100 ~ 200	2 atau 3	
Pekerjaan sedang	200 ~ 500	1 atau 2	
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1	
Pekerjaan amat halus	1000 ~ 2000	1	
Pemeriksaan warna.	750	1	
Rumah ibadah.			
Mesjid	200	1 atau 2	Untuk tempat-tempat yang membutuhkan tingkat pencahayaan yang lebih tinggi dapat digunakan pencahayaan setempat.
Gereja	200	1 atau 2	Idem
Vihara	200	1 atau 2	idem

Catatan : Keterangan tentang Renderasi warna, lihat tabel 4.4.3.

4.1.3. Sistem Pencahayaan.

Sistem pencahayaan dapat dikelompokkan menjadi :

a). Sistem pencahayaan merata.

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, digunakan jika tugas visual yang dilakukan di seluruh tempat dalam ruangan memerlukan tingkat pencahayaan yang sama.

Tingkat pencahayaan yang merata diperoleh dengan memasang armatur secara merata langsung maupun tidak langsung di seluruh langit-langit.

b). Sistem pencahayaan setempat.

Sistem ini memberikan tingkat pencahayaan pada bidang kerja yang tidak merata. Di tempat yang diperlukan untuk melakukan tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi, diberikan cahaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sekitarnya. Hal ini diperoleh dengan mengkonsentrasikan penempatan armatur pada langit-langit di atas tempat tersebut.

c). Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat.

Sistem pencahayaan gabungan didapatkan dengan menambah sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata, dengan armatur yang dipasang di dekat tugas visual.

Sistem pencahayaan gabungan dianjurkan digunakan untuk :

- 1). tugas visual yang memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi.
- 2). memperlihatkan bentuk dan tekstur yang memerlukan cahaya datang dari arah tertentu.
- 3). pencahayaan merata terhalang, sehingga tidak dapat sampai pada tempat yang terhalang tersebut.
- 4). tingkat pencahayaan yang lebih tinggi diperlukan untuk orang tua atau yang kemampuan penglihatannya sudah berkurang.

4.2. Kebutuhan Daya.

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata-rata tertentu pada bidang kerja dapat dihitung mulai dengan persamaan 4.1.1.c.(1) yang digunakan untuk menghitung armatur. Setelah itu dihitung jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan:

$$N_{\text{Lampu}} = N_{\text{Armatur}} \times n \dots\dots\dots \{ 4.2.(1) \}.$$

Daya yang dibutuhkan untuk semua armatur dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_{\text{Total}} = N_{\text{Lampu}} \times W_1 \dots\dots\dots \{ 4.2.(2) \}.$$

dimana :

$$W_1 = \text{daya setiap lampu termasuk Balast (Watt),}$$

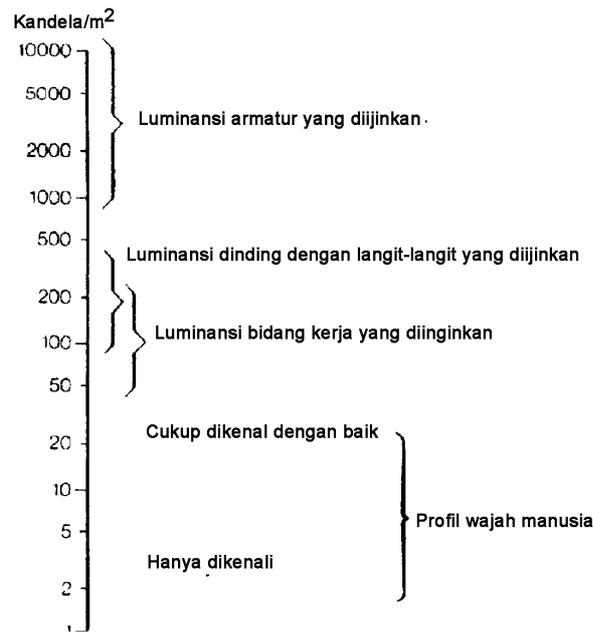
Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan kepadatan daya (Watt/m²) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut.

Kepadatan daya ini kemudian dapat dibandingkan dengan kepadatan daya maksimum yang direkomendasikan dalam usaha konservasi energi, misalnya untuk ruangan kantor 15 Watt/m² (lihat Apendiks A)

4.3. Distribusi Luminansi.

4.3.1. Distribusi luminansi didalam medan penglihatan harus diperhatikan sebagai pelengkap keberadaan nilai tingkat pencahayaan di dalam ruangan. Hal penting yang harus diperhatikan pada distribusi luminansi adalah sebagai berikut :

- a). Rentang luminansi permukaan langit-langit dan dinding.
- b). Distribusi luminansi bidang kerja.
- c). Nilai maksimum luminansi armatur (untuk menghindari kesilauan).
- d). Skala luminansi untuk pencahayaan interior dapat dilihat pada gambar 4.3.1.



Gambar 4.3.1 : Skala luminansi untuk pencahayaan interior.

4.3.2. Luminansi Permukaan Dinding.

Luminansi permukaan dinding tergantung pada luminansi obyek dan tingkat pencahayaan merata di dalam ruangan. Untuk tingkat pencahayaan ruangan antara 500 ~ 2000 lux, maka luminansi dinding yang optimum adalah 100 kandela/m².

Ada 2 (dua) cara pendekatan untuk mencapai nilai optimum ini, yaitu :

- Nilai reflektansi permukaan dinding ditentukan, tingkat pencahayaan vertikal dihitung, atau ;
- Tingkat pencahayaan vertikal diambil sebagai titik awal dan reflektansi yang diperlukan dihitung.

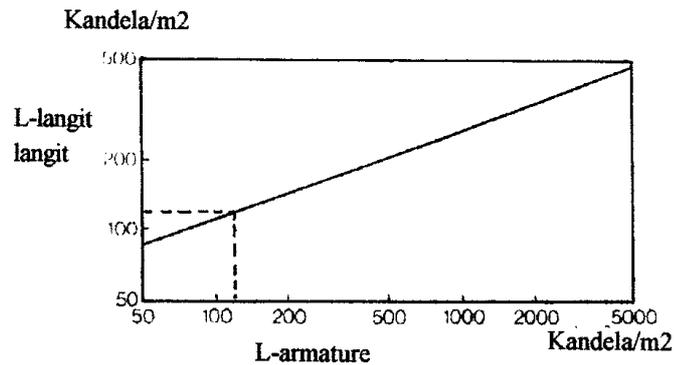
Nilai tipikal reflektansi dinding yang dibutuhkan untuk mencapai luminansi dinding yang optimum adalah antara 0,5 dan 0,8 untuk tingkat pencahayaan rata-rata 500 lux, dan antara 0,4 dan 0,6 untuk 1000 lux.

4.3.3. Luminansi Permukaan Langit-langit.

Luminansi langit-langit adalah fungsi dari luminansi armatur, seperti yang ditunjukkan pada grafik gambar 4.3.3.

Dari grafik ini terlihat jika luminansi armatur kurang dari 120 kandela/m² maka langit-langit harus lebih terang dari pada terang armatur. Nilai untuk luminansi langit-langit tidak dapat dicapai dengan hanya menggunakan armatur yang dipasang masuk ke dalam langit-langit

sedemikian hingga langit-langit akan diterangi hampir melulu dari cahaya yang direfleksikan dari lantai.



Gambar 4.3.3. : Grafik luminansi langit-langit terhadap Luminansi armatur

4.3.4. Distribusi Luminansi Bidang Kerja.

Untuk memperbaiki kinerja penglihatan pada bidang kerja maka luminansi sekeliling bidang kerja harus lebih rendah dari luminansi bidang kerjanya, tetapi tidak kurang dari sepertiganya. Kinerja penglihatan dapat diperbaiki jika ada tambahan kontras warna.

4.4. Kualitas Warna Cahaya.

Kualitas warna suatu lampu mempunyai dua karakteristik yang berbeda sifatnya, yaitu :

- a). Tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna.
- b). Renderasi warna yang dapat mempengaruhi penampilan obyek yang diberikan cahaya suatu lampu.

Sumber cahaya yang mempunyai tampak warna yang sama dapat mempunyai renderasi warna yang berbeda.

4.4.1. Tampak Warna.

Sumber cahaya putih dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok menurut tampak warnanya :

Tabel 4.4.1.(1) : Tampak warna terhadap temperatur warna.

Temperatur warna K (Kelvin)	Tampak warna
> 5300	- dingin
3300 ~ 5300	- sedang
< 3300	- hangat

Pemilihan warna lampu bergantung kepada Tingkat pencahayaan yang diperlukan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Dari pengalaman secara umum, makin tinggi tingkat pencahayaan yang diperlukan, makin sejuk tampak warna yang dipilih sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman.

Kesan umum yang berhubungan dengan tingkat pencahayaan yang bermacam-macam dan tampak warna yang berbeda dengan lampu fluoresen dapat dilihat pada tabel 4.4.1.(2).

Tabel 4.4.1.(2): Hubungan tingkat pencahayaan dengan tampak warna lampu

Tingkat pencahayaan Lux	Tampak warna lampu		
	Hangat	sedang	dingin
[500	Nyaman	Netral	dingin
500 ~ 1000	□	□	□
1000 ~ 2000	Stimulasi	Nyaman	Netral
2000 ~ 3000	□	□	□
μ 3000	Tidak alami	Stimulasi	Nyaman

4.4.2. Renderasi Warna.

Disamping perlu diketahui tampak warna suatu lampu, juga dipergunakan suatu indeks yang menyatakan apakah warna obyek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut.

Nilai maksimum secara teoritis dari indeks renderasi warna adalah 100. Untuk aplikasi, ada 4 kelompok renderasi warna yang dipakai dapat dilihat pada tabel 4.4.2.(1).

Tabel 4.4.2.(1): Pengelompokan renderasi warna.

Kelompok Renderasi Warna	Rentang Indeks Renderasi Warna (Ra).	Tampak Warna
1	Ra > 85	dingin
		sedang
		hangat
2	70 < Ra < 85	dingin
		sedang
		hangat
3	40 < Ra < 70	
4	Ra < 40	

Tabel 4.4.2.(2) : Contoh harga Ra dan temperatur warna untuk beberapa jenis lampu.

Lampu	Temperatur warna (K)	Ra
Fluoresen standar		
White	4200	60
<i>Cool daylight</i>	6200	70
Fluoresen super.		
Warm white	3500	85
<i>Cool white.</i>	4000	85
<i>Cool daylight.</i>	6500	85
Merkuri tekanan tinggi.	4100	50
Natrium tekanan tinggi	1950	25
Halida Metal	4300	65

4.5. Silau.

Silau terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya. Sumber silau yang paling umum adalah kecerahan yang berlebihan dari armatur dan jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan. Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat, dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan. Kedua macam silau ini dapat terjadi secara bersamaan atau sendiri-sendiri.

4.5.1. *Disability Glare* (Silau yang menyebabkan ketidak mampuan melihat).

Disability glare ini kebanyakan terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh diatas luminansi obyek yang dilihat. Oleh karenanya terjadi penghamburan cahaya di dalam mata dan perubahan adaptasi sehingga dapat menyebabkan pengurangan kontras obyek. Pengurangan kontras ini cukup dapat membuat beberapa *detail* penting menjadi tidak terlihat sehingga kinerja tugas visual juga akan terpengaruh. Sumber *disability glare* di dalam ruangan yang paling sering dijumpai adalah cahaya matahari langsung atau langit yang terlihat melalui jendela, sehingga jendela perlu diberi alat pengendali/pencegah silau (*screening device*).

4.5.2. *Discomfort glare* (Silau yang menyebabkan ketidaknyamanan melihat).

Ketidaknyamanan penglihatan terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh diatas luminansi elemen interior lainnya. Respon ketidaknyamanan ini dapat terjadi segera, tetapi adakalanya baru dirasakan setelah mata terpapar pada sumber silau tersebut dalam waktu yang lebih lama. Tingkatan ketidaknyamanan ini tergantung pada luminansi dan ukuran sumber silau, luminansi latar belakang, dan posisi sumber silau terhadap medan penglihatan. *Discomfort glare* akan makin besar jika suatu sumber mempunyai luminansi yang tinggi, ukuran yang luas, luminansi latar belakang yang rendah dan posisi yang dekat dengan garis penglihatan. Perlu diperhatikan bahwa variabel perancangan sistem tata cahaya dapat merubah lebih dari satu faktor. Sebagai contoh, penggantian armatur untuk mengurangi luminansi ternyata juga akan menurunkan luminansi latar belakang. Namun demikian, sebagai petunjuk umum, *discomfort glare* dapat dicegah dengan pemilihan armatur dan perletakkannya, dan dengan penggunaan nilai reflektansi permukaan yang tinggi untuk langit-langit dan dinding bagian atas.

Ada dua alternatif sistem pengendalian *discomfort glare*, yaitu Sistem Pemilihan Armatur dan Sistem Evaluasi Silau. Kedua sistem ini mempunyai karakteristik dan aplikasi yang berbeda. Secara umum, Sistem Pemilihan Armatur dapat digunakan sebagai alternatif dari Sistem Evaluasi Silau jika nilai Indeks Kesilauan yang direkomendasikan untuk aplikasi tertentu adalah lebih besar dari 19. Indeks kesilauan adalah angka yang menunjukkan tingkat kesilauan dari suatu sistem pencahayaan, dimana makin besar nilainya makin tinggi pengaruh penyilauannya. Berikut ini adalah tabel nilai Indeks Kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual atau jenis interior.

Tabel 4.5.2.: Nilai Indeks Kesilauan Maksimum Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus - Pengendalian silau diperlukan secara terbatas	28	Perbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
	25	Gudang, <i>cold stores</i> , Bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan, <i>plant rooms</i>
Tugas visual dan Interior Normal - Pengendalian silau sangat penting	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), lobby, ruangan kantor
Tugas visual sangat teliti – Pengendalian silau tingkat tinggi sangat diperlukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti)

4.5.3. Sistem Pemilihan Armatur untuk mengurangi *discomfort glare*.

Perancang sistem tata cahaya adakalanya harus memilih sistem tata cahaya berdasarkan informasi tentang tugas visual atau lingkungan yang tidak lengkap. Sebagai contoh, sifat pekerjaan yang akan dilakukan di dalam suatu ruangan tidak diketahui, atau jenis permukaan atau detail penyekatan ruangan belum ditentukan pada saat keputusan rancangan sistem tata cahaya dibutuhkan. Bila hal ini terjadi, maka perancang sistem tata cahaya harus membuat asumsi berdasarkan pengalamannya. Jika sistem tata cahaya terdiri dari susunan teratur dari satu jenis armatur, maka sistem pemilihan armatur ini dapat digunakan.

Sistem pemilihan armatur ini berdasarkan alasan bahwa probabilitas terjadinya *discomfort glare* akan berkurang dengan mengendalikan luminansi dari armatur pada suatu arah tertentu, bergantung pada ukuran ruangan dan tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. Luminansi armatur dapat dibatasi dengan :

- a). merubah luminansi lampu menggunakan metoda pengendalian optis untuk menjaga luminansi pada sudut kritis tertentu dalam batas-batas yang direkomendasikan ;
- b). memotong pandangan langsung terhadap lampu menggunakan bahan tak tembus cahaya, kisi-kisi (*louver*) atau bagian permanen dari bangunan

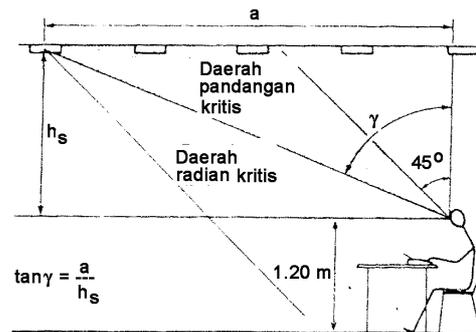
Perlu diperhatikan bahwa selain sistem tata cahaya untuk pencahayaan merata, adakalanya sistem pencahayaan setempat juga digunakan dalam suatu ruangan. Dalam hal ini harus diperhatikan bahwa pencahayaan setempat tidak menaikkan probabilitas terjadinya

discomfort glare dan ini adalah asumsi yang dibuat pada saat menggunakan sistem pemilihan armatur pada sistem tata cahaya untuk pencahayaan merata.

4.5.4. Sistem Evaluasi Silau

Beberapa jenis tugas visual atau lingkungan interior membutuhkan perhatian yang lebih kritis terhadap pengendalian *discomfort glare*. Hal ini terjadi pada hal-hal berikut ini :

- Ukuran ruangan yang besar (dengan indeks ruangan lebih besar dari 2) yang berakibat bahwa dalam daerah penglihatan normal penghuni ruangan terdapat sejumlah besar armatur.
- Tugas visual yang sulit, misalnya, detail obyek yang kecil, kontras yang rendah, persepsi (penglihatan) yang cepat, yang membutuhkan perhatian visual yang kontinu.



Gambar 4.5.4.b) :: Zona pandangan kritis

- Arah pandang dari pekerja pada atau diatas horisontal untuk selang waktu yang panjang, misalnya, di dalam Ruang Kontrol, Ruang Kelas, Ruang komputer {lihat gambar 4.5.4.b) }.
- Permukaan ruangan dan peralatan yang ada berwarna gelap atau kurang mendapat cahaya.

Untuk situasi seperti dikemukakan diatas, maka tingkat *discomfort glare* bagi penghuni ruangan dapat diperkirakan dengan cara menentukan nilai Indeks Kesilauan yang dihitung dengan rumus-rumus yang ada (*CIBSE Publication TM 10^{*1)}*). Nilai yang besar akan memberikan probabilitas kesilauan yang lebih besar dan sebaliknya. Perbedaan terkecil indeks kesilauan yang mulai dapat dibedakan secara visual adalah 1 (satu), sedangkan perbedaan terkecil yang menunjukkan adanya perubahan yang berarti dalam tingkatan *discomfort glare* adalah 3 (tiga). Nilai Indeks Kesilauan yang umum digunakan adalah sebagai berikut : 13, 16, 19, 22, 25, 28.

*1) CIBSE = Chartered Institution of Building Services Engineering

5. Pemilihan peralatan.

5.1. Lampu.

5.1.1. Spektrum Cahaya.

Dalam pemilihan lampu, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna.

Temperatur warna yang lebih besar dari 5300 Kelvin tampak warnanya dingin, 3300 ~ 5300 Kelvin tampak warnanya sedang dan lebih kecil dari 3300 Kelvin tampak warnanya hangat.

Untuk perkantoran di Indonesia disarankan memakai temperatur warna lebih besar dari 5300 Kelvin atau antara 3300 ~ 5300 Kelvin.

Indeks renderasi warna dinyatakan dengan angka 0 sampai dengan 100, dimana angka 100 menyatakan warna benda yang dilihat akan sesuai dengan warna aslinya. Lampu pijar dan lampu halogen mempunyai indeks renderasi warna mendekati 100. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada butir 4.4 perihal kualitas warna cahaya.

5.1.2. Efisiensi lampu.

Efisiensi lampu atau yang disebut juga efikasi luminus, menunjukkan efisiensi lampu dari pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt (lumen/watt).

Banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh suatu lampu disebut Fluks luminus dengan satuan lumen. Efikasi luminus lampu bertambah dengan bertambahnya daya lampu.

Rugi-rugi balast harus ikut diperhitungkan dalam menentukan efisiensi sistem lampu (daya lampu ditambah rugi-rugi balast).

5.1.3. Umur lampu dan depresiasi.

Ada beberapa cara untuk menentukan umur lampu, antara lain :

- a). Umur individual teknik.
- b). Umur rata-rata.
- c). Umur minimum.
- d). Umur rata-rata pengenalan.

Juga perlu dipertimbangkan keekonomisan umur lampu berdasarkan fluks luminus dan umur teknik, yaitu banyaknya jam menyala pada kombinasi antara depresiasi/ pengurangan fluks luminus lampu dan kegagalan lampu.

Umur lampu banyak dipengaruhi oleh hal-hal antara lain : temperatur ruang, perubahan tegangan listrik, banyaknya pemutusan dan penyambungan pada sakelar, dan jenis komponen bantuannya (balast, starter dan kapasitor).

5.1.4. Jenis lampu.

Pada saat sekarang, lampu listrik dapat dikategorikan dalam dua golongan, yaitu : lampu pijar dan lampu pelepasan gas.

- a). Lampu pijar.

Lampu pijar menghasilkan cahayanya dengan pemanasan listrik dari kawat filamennya pada temperatur yang tinggi. Temperatur ini memberi radiasi dalam daerah tampak dari spektrum radiasi yang dihasilkan. Komponen utama lampu pijar terdiri dari : filamen, bola lampu, gas pengisi dan kaki lampu (*fitting*).

1). Filamen.

Makin tinggi temperatur filamen, makin besar energi yang jatuh pada spektrum radiasi tampak dan makin besar efikasi dari lampu. Pada saat ini jenis filamen yang dipakai adalah tungsten.

2). Bola lampu.

Filamen suatu lampu pijar ditutup rapat dengan selubung gelas yang dinamakan bola lampu. Bentuk bola lampu bermacam-macam dan juga warna gelasnya. Bentuk bola (bentuk A), jamur (bentuk E), bentuk lilin dan *lustre* dengan bola lampu bening, susu atau buram dan dengan warna merah, hijau, biru atau kuning (lihat SNI No. 04-1704-1989).

3). Gas pengisi.

Penguapan filamen dikurangi dengan diisinya bola lampu dengan gas inert. Gas yang umumnya dipakai adalah Nitrogen dan Argon.

4). Kaki lampu.

Untuk pemakaian umum, tersedia dua jenis yaitu : kaki lampu berulir dan kaki lampu bayonet, yang diidentifikasi dengan huruf E (edison) dan B (Bayonet), selanjutnya diikuti dengan angka yang menyatakan diameter kaki lampu dalam milimeter (E27, E14 dan lain-lain). Bahan kaki lampu dari aluminium atau kuningan.

5). Jenis lampu pijar khusus.

(a). Lampu reflektor.

Lampu pijar yang mempunyai reflektor yang terbuat dari lapisan metal tipis pada permukaan dalam dari bola lampu yang memberikan arah intensitas cahaya yang dipilih. Reflektor dalam tidak boleh rusak, korosi atau terkontaminasi.

Ada dua jenis lampu berreflektor yaitu jenis *Pressed glass* dan jenis *Blown bulb*.

(1). Lampu *Pressed glass*, adalah lampu yang kokoh dan gelas tahan panas. Gelas depan mempunyai beberapa jenis pancaran cahaya seperti *spot*, *flood*, *wide flood*. Lampu ini dapat dipasang langsung sebagai pasangan instalasi luar, tahan terhadap cuaca.

(2). Lampu *Blown bulb*, menyerupai lampu *pressed glass*, tetapi lampu ini hanya dipasang di dalam ruangan.

(b). Lampu Halogen.

Lampu Halogen adalah Lampu pijar biasa yang mempunyai filamen temperatur tinggi dan menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu.

b). Lampu pelepasan gas.

Lampu ini tidak sama bekerjanya seperti lampu pijar. Lampu ini bekerja berdasarkan pelepasan elektron secara terus menerus di dalam uap yang diionisasi. Kadang-kadang dikombinasikan dengan fosfor yang dapat berpendar.

Pada umumnya lampu ini tidak dapat bekerja tanpa balast sebagai pembatas arus pada sirkuit lampu.

Lampu pelepasan gas mempunyai tekanan gas tinggi atau tekanan gas rendah. Gas yang dipakai adalah merkuri atau natrium. Salah satu lampu pelepasan gas tekanan rendah dan memakai merkuri adalah lampu fluoresen tabung atau disebut TL (*Tube Lamp*).

c). Lampu fluoresen tabung.

Lampu fluoresen tabung dimana sebagian besar cahayanya dihasilkan oleh bubuk fluoresen pada dinding bola lampu yang diaktifkan oleh energi ultraviolet dari pelepasan energi elektron. Umumnya lampu ini berbentuk panjang yang mempunyai elektroda pada kedua ujungnya, berisi uap merkuri pada tekanan rendah dengan gas inert untuk penyalanya.

Jenis fosfor pada permukaan bagian dalam tabung lampu menentukan jumlah dan warna cahaya yang dihasilkan.

Lampu fluoresen mempunyai diameter antara lain 26 mm dan 38 mm, mempunyai bermacam-macam warna; merah, kuning, hijau, putih, daylight dan lain-lain serta tersedia dalam bentuk bulat (TLE).

Lampu fluoresen mempunyai dua sistem penyalan, yaitu memakai starter dan tanpa starter. Starternya dibahas dalam butir 5.2.1. Lampu fluoresen jenis tanpa starter antara lain TL-RS, TL-X dan TL-M.

Ada dua jenis lampu fluoresen tanpa starter yaitu *rapid start* dan *instant start*.

Bentuk lampu fluoresen dapat berbentuk miniatur dan ada yang dilengkapi dengan balast dan starter dalam satu selungkup gelas dan kaki lampunya sesuai dengan kaki lampu pijar. Lampu ini memakai balast elektronik atau balast konvensional dan disebut lampu fluoresen kompak.

Lampu ini mengkonsumsi hanya 25% energi dibandingkan dengan lampu pijar untuk fluks luminus yang sama serta umurnya lebih panjang.

5.2. Komponen Listrik dalam Armatu.**5.2.1. Starter.****a). Fungsi.**

Untuk menyalakan lampu diperlukan starter. Starter diperlukan untuk pemanasan awal/preheat dari elektroda lampu dan memberikan tegangan puncak yang tinggi sehingga cukup untuk memicu pelepasan elektron di dalam lampu. Setelah penyalan terjadi, starter harus berhenti menghasilkan tegangan puncak tersebut.

b). Jenis Starter.

Ada dua jenis Starter untuk lampu fluoresen, yaitu *Glow switch starter* dan Starter elektronik.

1). *Glow Switch starter.*

Starter terdiri dari satu atau dua elektrode bimetal berada didalam tabung gelas yang tertutup berisi gas mulia. Starter dipasang paralel terhadap lampu sedemikian sehingga jika starter terhubung maka arus pemanas awal dapat melalui elektroda-elektroda lampu.

Pada saat pembukaan kembali, arus melalui balast diinterupsi, yang menyebabkan tegangan puncak pada elektroda-elektroda cukup tinggi untuk menyalakan lampu. Tegangan puncak minimal yang dipersyaratkan adalah 800 V dan nilai rata-rata tegangan puncak antara 1000V dan 1200V.

Jika elektroda lampu tidak cukup panas atau tegangan puncak tidak cukup tinggi, starter glow switch akan memulai lagi proses penyalaan sampai lampu menyala. Jika lampu tidak menyala (misalnya pada akhir umur lampu) starter akan terus berkedip sampai tegangan listrik putus atau sampai elektroda dari glow switch starter melekat bersama. Starter dilengkapi dengan kapasitor yang paralel dengan elektrode starter untuk mencegah interferensi radio.

2). Starter elektronik.

Bekerjanya starter elektronik sama seperti starter jenis *glow switch starter*. Switcing tidak berasal dari elektroda bimetal tetapi dari komponen elektronik di dalam balast. Sirkuit elektronik dalam starter memberikan waktu pemanasan awal yang tepat (1,7 detik) untuk elektroda lampu dan sesudah itu didapat tegangan pemanas yang tepat yang menjadikan penyalaan lampu secara optimum.

Starter elektronik mempunyai sirkuit integrasi yang membuat starter tidak bekerja setelah beberapa kali percobaan penyalaan yang tidak berhasil, maka hal ini disebut keadaan tanpa kedip ("*Flicker free*"). Starter elektronik juga mempunyai alat pendeteksi pemanasan lebih, yang memutuskan starter jika terlalu panas. Starter elektronik dapat memperpanjang umur lampu fluoresen hingga 25%. Umur dari starter fluoresen dinyatakan dalam jumlah kali penyalaan ("*switches*"). Pada saat ini *glow switch starter* mempunyai umur 15.000 *switches* atau lebih, sedang starter elektronik mempunyai umur 100.000 *switches* atau lebih.

5.2.2. Kapasitor.

a). Instalasi.

Ada dua jenis instalasi kapasitor untuk lampu fluoresen :

- 1). Kapasitor paralel kompensasi, digunakan untuk memperbaiki faktor daya, dan dipasang paralel terhadap jaringan listrik. Dalam hal terjadi kegagalan kapasitor yang dipasang paralel akibat sirkuit terbuka atau hubung pendek, tidak mempengaruhi kinerja lampu. Pemeriksaan rutin disarankan untuk arus listrik dan faktor daya ($\cos \phi$).
- 2). Kapasitor seri digunakan dalam rangkaian kapasitif atau sirkuit ganda. Dalam hal kegagalan kapasitor yang dipasang seri, akan mempunyai pengaruh pada kinerja lampu.

Secara normal setiap instalasi lampu perlu di kompensasikan dengan kapasitans yang mempunyai nilai kapasitansi tertentu.

b). Jenis kapasitor.

Ada dua jenis kapasitor yang dipergunakan saat ini :

- 1). Jenis basah (*wet*).
Kapasitor bentuk basah yang tersedia saat ini adalah jenis “*Non PCB oil*” yang dilengkapi dengan pemutus internal untuk menjaga bila terjadi kegagalan sehingga tidak mengakibatkan kapasitor menjadi pecah atau kebocoran minyak.
- 2). Jenis kering (*dry*).
Kapasitor jenis kering yang tersedia saat ini adalah “kapasitor film metal”. Kapasitor ini relatif baru digunakan dalam industri perlampuan dan belum tersedia dalam berbagai aplikasi. Kapasitor kering tidak direkomendasikan pada pemakaian instalasi seri karena kerugian dayanya tinggi.
- 3). Toleransi tegangan dan temperatur.
Sebaiknya kapasitor digunakan dengan tegangan yang tepat. Toleransi tegangan yang diijinkan untuk instalasi kapasitor paralel adalah 250V , toleransi kapasitansinya maksimum ! 10% dan untuk instalasi kapasitor seri toleransi tegangan yang diijinkan adalah 450V, toleransi kapasitansinya maksimum 6 4%. Temperatur pemakaian kapasitor yang dipersyaratkan secara normal adalah dari 25⁰C sampai dengan 85⁰C.
- 4). Umur.
Umur kapasitor tergantung pada tegangan kapasitor dan temperatur kotak pembungkus kapasitor. Jika kapasitor dipergunakan masih dalam ketentuan yang dipersyaratkan, kapasitor akan mampu mencapai umur 10 tahun, sama dengan umur balastnya.
- 5). Resistor pelepasan muatan listrik.
Kapasitor untuk penggunaan lampu harus mempunyai resistor pelepasan muatan listrik yang dihubungkan paralel terhadap terminal untuk menjamin tercapainya tegangan kapasitor kurang dari 50 V dalam waktu 1 menit setelah pemutusan daya listrik. Dalam keadaan tertentu apabila dipersyaratkan tingkat keselamatan lebih tinggi digunakan resistor sehingga dicapai tingkat tegangan 35V dalam waktu 1 menit.

5.2.3. Balast.

a). Fungsi.

Sebagai komponen pembatas arus.

b). Jenis.

Jenis balast terdiri dari :

1). Balast resistor.

Pada kondisi kerja yang stabil, balast ini memerlukan pasokan tegangan dua kali lebih besar dari kebutuhan tegangan lampu. Hal ini berarti 50% daya listrik diboroskan oleh balast dan akhirnya penggunaannya menjadi tidak ekonomis.

2). Balast induktif atau *choke*.

(a). Balast induktif (*choke*) terdiri dari sejumlah lilitan kawat tembaga pada inti besi yang dilaminasi, bekerjanya dengan prinsip induktansi sendiri.

- (b). Impedansi balast harus dipilih sesuai pasokan tegangan listrik, frekuensi, jenis dan tegangan lampu, agar arus lampu berada pada nilai yang tepat. Dengan kata lain, setiap jenis lampu mensyaratkan tegangan pada chokenya sendiri untuk memperoleh impedansi balast yang diinginkan.
- (c). Rugi panas terjadi melalui resistansi ohmik dari lilitan dan histerisis pada inti besi.
- (d). Keuntungan pemakaian balast ini sebagai berikut :
- (1) Rugi daya cukup rendah dibandingkan jenis balast resistor.
 - (2) Sirkuit lebih sederhana dimana balast dihubungkan seri dengan lampu.
- (e). Kerugian pemakaian balast ini :
- (1) Adanya ketinggalan fasa dari arus terhadap tegangan, sehingga diperlukan koreksi faktor daya.
 - (2) Arus awal cukup tinggi yaitu 1,5 kali lebih besar dari arus pengenalan.
 - (3) Peka terhadap fluktuasi tegangan (tegangan listrik naik turun, menyebabkan arus masuk ke lampu juga bervariasi).
- (f). Penandaan dan spesifikasi.
- (1) Setiap balast yang akan digunakan harus mencantumkan :
 - i) Tanda keaslian, seperti nama pabrik, model, nomor referensi, negara asal dan kode produksi.
 - ii) Pasokan tegangan, frekuensi dan arus nominal.
 - iii) Jenis lampu dengan daya pengenalan.
 - iv) Jenis penyalaan dengan diagram instalasi dan tegangan puncak bila melebihi 1500 V.
 - v) Temperatur lilitan (T_w) dan kenaikan temperatur yang diijinkan (ΔT).
 - vi) Penampang maksimum kabel listrik.
Contoh : 4 , berarti 4 mm².
 - vii) Simbol resmi yang dikenal dari badan sertifikasi seperti : SNI (Indonesia), VDE (Jerman), KEMA (Belanda). Bila diperlukan tanda CE untuk keselamatan.
 - viii) Tanda ∇F jika balast memenuhi persyaratan IEC-F, yang berarti balast dapat dipasang langsung pada permukaan yang dapat menyala normal.
 - (2) Dalam brosur atau sejenisnya, harus mencantumkan :
 - i) Berat.
 - ii) Ukuran keseluruhan dan pemasangan.
 - iii) Faktor daya (PF atau $\cos \phi$).

- iv) Nilai kompensasi kapasitor dan tegangannya untuk $\cos \phi \approx 0,85$.

Arus utama nominal dan arus kerja (*running up*) dengan atau tanpa koreksi faktor daya.

3). Balast elektronik.

Balast ini bekerja pada sistem frekuensi tinggi (*High Frequency* = HF). Sistem balast elektronik terintegrasi dalam suatu kotak, dimana di dalamnya terdapat komponen - komponen elektronik yang terdiri dari beberapa blok, yaitu low pass filter, konverter AC/DC, generator HF dan pengendali lampu.

- (a). *Low pass filter*, mempunyai 4 (empat) fungsi :

- (1) Membatasi distorsi harmonik.
- (2) Membatasi radio harmonik.
- (3) Memproteksi komponen elektronik terhadap tegangan listrik yang tinggi.
- (4) Membatasi arus "*inrush*".

- (b). Konverter AC/DC, terdiri dari jembatan dioda yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Konverter juga berisi *buffer capacitor* yang diperlukan oleh tegangan DC. *Buffer capacitor* menentukan bentuk arus lampu dan arus listrik.

- (c). Generator HF, berfungsi menguatkan tegangan DC menjadi tegangan HF. Modulasi dalam suatu frekuensi tinggi dapat mengganggu kendali jarak jauh infra merah (*remote control infra red*) yang digunakan pada TV, Video, Audio, sistem transmisi dan komunikasi data. Oleh karena itu frekuensi operasi untuk lampu fluoresen HF tidak boleh lebih kecil dari 18 kHz dan tidak boleh lebih besar dari 36 kHz. Pemilihan frekuensi kerja biasanya diambil 28 kHz. Disamping standar balast HF, ada juga balast HF yang bisa diredupkan, yang kemungkinan dapat memberikan tambahan penghematan energi.

5.3. Armatur.

5.3.1. Armatur adalah rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang didalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendalian listrik.

5.3.2. Pemilihan Armatur.

Untuk memilih armatur yang akan digunakan, perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang berhubungan dengan pencahayaan, sebagai berikut :

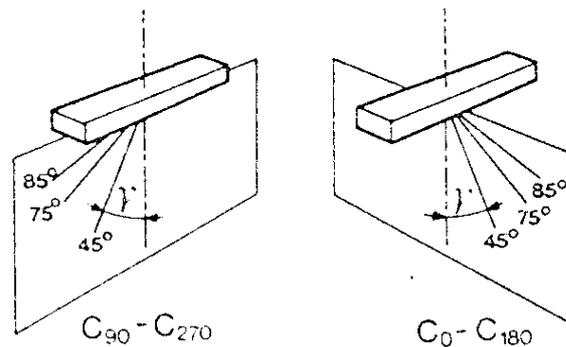
- a). distribusi intensitas cahaya.
- b). efisiensi cahaya.
- c). koefisien penggunaan.
- d). perlindungan terhadap kejutan listrik.
- e). ketahanan terhadap masuknya air dan debu.

- f). ketahanan terhadap timbulnya ledakan dan kebakaran.
- g). kebisingan yang ditimbulkan.

5.3.2. Distribusi Intensitas Cahaya.

Data distribusi intensitas cahaya pada umumnya dinyatakan dalam suatu diagram polar yang berupa kurva-kurva yang memberikan hubungan antara besarnya intensitas terhadap arah dari intensitas tersebut. Untuk armatur yang memancarkan distribusi cahaya yang simetris hanya diperlukan diagram polar pada satu bidang vertikal yang memotong armatur melalui sumbu armatur.

Untuk armatur yang tidak simetris, misalnya armatur lampu Fluoresen (TL), paling sedikit diperlukan 2 diagram polar, masing-masing pada bidang vertikal yang terletak memanjang melalui sumbu armatur dan bidang vertikal yang tegak lurus pada sumbu tersebut (lihat gambar 5.3.2.).



Gambar 5.3.2 : Diagram polar untuk armatur pada bidang vertikal

5.3.3. Klasifikasi Armatur.

- a). Klasifikasi berdasarkan arah dari distribusi cahaya.

Berdasarkan distribusi intensitas cahayanya, armatur dapat dikelompokkan menurut prosentase dari jumlah cahaya yang dipancarkan ke arah atas dan ke arah bawah bidang horisontal yang meliwati titik tengah armatur, sebagai berikut :

Tabel 5.3.3.a : Klasifikasi Armatur.

Kelas armatur	Jumlah cahaya	
	ke arah atas (%)	ke arah bawah (%)
langsung	0 ~ 10	90 ~ 100
semi langsung	10 ~ 40	60 ~ 90
difus	40 ~ 60	40 ~ 60
langsung-tidak langsung	40 ~ 60	40 ~ 60
semi tidak langsung	60 ~ 90	10 ~ 40
tidak langsung	90 ~ 100	0 ~ 10

b). Klasifikasi berdasarkan proteksi terhadap debu dan air.

Kemampuan proteksi menurut klasifikasi SNI 04-0202-1987 dinyatakan dengan IP ditambah dua angka. Angka pertama menyatakan perlindungan terhadap debu dan angka kedua terhadap air. Contoh IP 55 menyatakan armatur dilindungi terhadap debu dan semburan air.

Tabel 5.3.3.b.: Klasifikasi proteksi terhadap debu dan air sesuai SNI No. 04-0202 – 1987.

angka pertama	Tingkat proteksi		angka kedua
	Keterangan	Keterangan	
0	Tidak ada pengamanan terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan. Tidak ada pengamanan terhadap peralatan terhadap masuknya benda padat dari luar .	Tidak ada pengamanan	0
1	Pengamanan terhadap sentuhan secara tidak disengaja oleh bagian tubuh manusia yang permukaannya cukup luas misalnya tangan, dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan. Pengamanan terhadap masuknya benda padat yang cukup besar.	Pengamanan terhadap tetesan air kondensasi : Tetesan air kondensasi yang jatuh pada selungkup peralatan tidak merusak peralatan tersebut .	1
2	Pengamanan terhadap sentuhan jari tangan dengan bagian bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan . Pengamanan terhadap masuknya benda padat yang cukup.	Pengamanan terhadap tetesan air Cairan yang menetes tidak membawa akibat buruk walaupun selungkup peralatan berada dalam kedudukan miring 15 ⁰ segala arah, terhadap sumbu vertikal.	2
3	Pengamanan terhadap masuknya alat, kawat atau sejenis dengan tebal lebih dari 2,5 mm. Pengamanan terhadap masuknya benda padat ukuran kecil.	Pengamanan terhadap hujan. Jatuhnya air hujan dengan arah sampai dengan 60 ⁰ terhadap vertikal tidak merusak.	3
4	Pengamanan terhadap masuknya alat, kawat atau sejenis dengan tebal lebih dari 1 mm. Pengamanan terhadap masuknya benda padat ukuran kecil.	Pengamanan terhadap percikan : Percikan cairan yang datang dari segala arah tidak merusak.	4
5	Pengamanan secara sempurna terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan. Pengamanan terhadap endapan debu yang bisa membahayakan dalam hal ini	Pengamanan terhadap semprotan air : Air yang disemprotkan dari segala arah tidak merusak.	5

	debu masih bisa masuk tapi tidak sedemikian banyak sehingga dapat mengganggu keadaan kerja peralatan.		
6	Pengamanan secara sempurna terhadap sentuhan dengan bagian yang bertegangan atau bergerak di dalam selungkup peralatan.	Pengamanan terhadap keadaan di geladak kapal (peralatan Kedap air geladak kapal) : Air badai laut tidak masuk ke dalam selungkup peralatan.	6
		Pengamanan terhadap rendaman air: Air tidak masuk ke dalam selungkup-selungkup peralatan dengan kondisi tekanan dan waktu tertentu.	7
		Pengamanan terhadap rendaman air. Air tidak dapat masuk ke dalam selungkup peralatan dalam waktu yang terbatas, sesuai dengan perjanjian antara pemakai dan pembuat.	8

c). Klasifikasi berdasarkan proteksi terhadap kejutan listrik.

Tabel 5.3.3.c : Klasifikasi menurut C.E.E terhadap jenis proteksi listrik.

Kelas armatur	Pengamanan Listrik
0	Armatur dengan insulasi fungsional, tanpa pentanahan,
I	Paling tidak mempunyai insulasi fungsional, terminal untuk pembumian
II	Mempunyai insulasi rangkap, tanpa pentanahan.
III	Armatur yang direncanakan untuk jaringan listrik tegangan rendah.

Catatan : CEE = *International Commission for Conformity Certification of Electrical Equipment.*

d). Klasifikasi berdasarkan cara pemasangan.

Berdasarkan cara pemasangan, armatur dapat dikelompokkan menjadi :

- 1). armatur yang dipasang masuk ke dalam langit-langit.
- 2). armatur yang dipasang menempel pada langit-langit.
- 3). armatur yang digantung pada langit-langit.
- 4). armatur yang dipasang pada dinding.
- 5). dan lain-lain.

5.3.4. Efisiensi Cahaya.

Jumlah cahaya yang dipancarkan oleh armatur akan selalu lebih kecil dari pada jumlah cahaya yang dipancarkan oleh lampu di dalam armatur tersebut. Perbandingan antara kedua jumlah cahaya ini disebut efisiensi cahaya dari armatur.

Besarnya efisiensi cahaya dipengaruhi oleh penyerapan cahaya yang terjadi di dalam armatur, misalnya oleh penutup armatur untuk meneruskan cahaya yang terlalu buram, dan oleh permukaan dalam armatur, reflektor yang kurang merefleksikan cahaya.

5.3.5. Bising yang dikeluarkan oleh Armatur.

Komponen listrik yang dapat menimbulkan bising adalah balast. Sehingga dalam pemilihan balast perlu diperhatikan tingkat bising yang dikeluarkannya.

Selain balast, bising dapat pula dikeluarkan oleh armatur yang terintegrasi dengan diffuser dari sistem tata udara (*integrated armatur*). Besarnya tingkat bising dipengaruhi oleh ukuran lubang udara suplai dan kecepatan udara keluar melalui lubang udara tersebut.

Tingkat bising yang dikeluarkan oleh seluruh armatur yang berada dalam suatu ruangan, tidak boleh melebihi kriteria bising (*Noise Criteria, NC*) seperti ditunjukkan pada lampiran 2.

6. Pengujian, Pengoperasian dan Pemeliharaan.

6.1. Pengujian.

Pengujian kinerja sistem pencahayaan dimaksudkan untuk mengetahui dan atau menilai kondisi suatu sistem pencahayaan apakah masih, sudah atau belum memenuhi standar atau ketentuan pencahayaan yang berlaku.

Pengujian dimaksudkan untuk memeriksa, mengamati dan mengukur :

- a) Tingkat pencahayaan (Lux).
- b) Indeks kesilauan.

Sebagaimana diuraikan terdahulu, tingkat pencahayaan dari suatu sumber cahaya buatan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain : posisi pemasangan, umur lampu, pemeliharaan dan tegangan listrik. Demikian juga tingkat kesilauan dipengaruhi oleh pemasangan dan penggunaan armatur, penempatan lampu, posisi pengamat terhadap sumber cahaya dan kontras serta luminansi.

6.1.1. Pengujian Tingkat Pencahayaan.

Tingkat pencahayaan dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1.1. Dengan menggunakan Lux-meter tingkat pencahayaan untuk bidang kerja diukur secara horisontal 75 cm di atas permukaan lantai, sedangkan untuk suatu luasan tertentu, tingkat pencahayaan diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata dari beberapa titik pengukuran.

Tingkat pencahayaan yang diperlukan disesuaikan dengan jenis kegiatan yang dilakukan. Tingkat pencahayaan yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari nilai yang ditetapkan dalam Tabel 4.1.2

Perlu diperhatikan bahwa cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya tidak semua sampai pada bidang kerja karena sebagian dipantulkan dan diserap oleh dinding, lantai dan peralatan lain dalam ruangan tersebut. Juga cahaya yang dipancarkan itu fluks luminusnya akan menurun dari waktu ke waktu karena faktor kebersihan armatur dan lampu, umur dan pengaruh turunnya tegangan listrik.

6.1.2. Pengujian Tingkat Kesilauan.

Silau dapat mengakibatkan terganggunya kemampuan penglihatan dan juga dapat menyebabkan kelelahan, perasaan tidak nyaman serta dapat pula menurunkan semangat kerja.

Silau terutama disebabkan oleh beberapa hal, baik yang berasal dari sumber cahaya seperti matahari, cahaya lampu maupun refleksi dari obyek yang mengkilat.

Faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi, besarnya sumber cahaya, posisi pengamat terhadap sumber cahaya, letak sumber cahaya yang terdapat di depan sudut penglihatan dan kontras antara permukaan terang dan gelap.

Silau yang langsung disebabkan oleh sumber cahaya buatan dapat dihindari dengan memakai armatur yang dilengkapi kisi-kisi, juga pemasangan lampu perlu diupayakan untuk tidak melintang di depan pengamat.

Sampai saat ini, standar atau ketentuan indeks kesilauan belum diterapkan, sehingga untuk maksud pengujian belum ada nilai yang dianjurkan.

Semua lampu yang berada pada sudut pandang $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ akan menimbulkan silau, dan untuk menghindarinya luminansi harus dikurangi.

6.2. Pengoperasian .

Pada pengoperasian instalasi sistem pencahayaan dalam suatu bangunan, maka perencanaan penempatan alat pengendali perlu mendapatkan perhatian sehingga tata cahaya dapat dikendalikan dengan baik.

6.2.1. Penempatan Alat Kendali.

- a). Semua alat pengendali pencahayaan harus ditempatkan pada tempat yang mudah dilihat dan dijangkau.
- b). Sakelar yang melayani meja/tempat kerja, bila mudah dijangkau merupakan bagian armatur yang digunakan untuk menerangi meja/tempat kerja tersebut.
- c). Sakelar yang mengendalikan sistem pencahayaan pada lebih dari satu lokasi tidak boleh dihitung sebagai tambahan jumlah sakelar pengendali.
- d). Setiap ruangan yang terbentuk karena pemasangan partisi harus dilengkapi sedikitnya satu sakelar *ON/OFF*.
- e). Ruangan dengan luas maksimum 30 m² harus dilengkapi dengan satu sakelar untuk satu macam pekerjaan atau satu kelompok pekerjaan.
- f). Setiap sakelar maksimum melayani total beban daya sebagaimana dianjurkan pada PUIL edisi terakhir.

6.2.2. Pengendalian Sistem Pencahayaan.

- a). Semua sistem pencahayaan bangunan harus dapat dikendalikan secara manual atau otomatis kecuali yang terhubung dengan sistem darurat.
- b). Pencahayaan luar bangunan dengan waktu pengoperasian terus menerus kurang dari 24 jam, sebaiknya dapat dikendalikan secara otomatis dengan *timer*, *photocell*, atau gabungan keduanya.

- c). Armatur-armatur yang letaknya paralel terhadap dinding luar pada arah datangnya cahaya alami dan menggunakan sakelar otomatis atau sakelar terkendali harus juga dapat dimatikan dan dihidupkan secara manual.
- d). Daerah dimana pencahayaan alami tersedia dengan cukup, sebaiknya dilengkapi dengan sakelar pengendali otomatis yang dapat mengatur penyalaan lampu sesuai dengan tingkat pencahayaan yang dirancang.
- e). Berikut ini adalah hal-hal yang tidak diatur dalam ketentuan pengendalian sistem pencahayaan :
 - 1). Pengendalian pencahayaan yang mengatur suatu daerah kerja yang luas secara keseluruhan dimana kebutuhan pencahayaan dan pengendali dipusatkan ditempat lain (termasuk lobi umum dari perkantoran, Hotel, Rumah Sakit, Pusat belanja, dan gudang).
 - 2). Pengendalian otomatis atau pengendalian yang dapat diprogram.
 - 3). Pengendalian yang memerlukan operator terlatih.
 - 4). Pengendalian untuk kebutuhan keselamatan dan keamanan daerah berbahaya.

6.3. Pemeliharaan.

Pemeliharaan terhadap sistem pencahayaan dimaksudkan untuk menjaga agar kinerja sistem selalu berada pada batas-batas yang ditetapkan sesuai perancangan, dan untuk memperoleh kenyamanan. Jika faktor pemeliharaan ini dilakukan sejak tahap perancangan, maka beban listrik dan biaya awal dapat diminimalkan. Pemeliharaan ini mencakup penggantian lampu-lampu dan komponen listrik dalam armatur yang rusak/putus atau sudah menurun kemampuannya, pembersihan armatur dan permukaan ruangan secara terjadwal.

Sistem pencahayaan membutuhkan pemeliharaan, karena tanpa melakukan ini maka kinerja sistem akan berkurang. Fluks luminus lampu akan berkurang dengan bertambahnya umur sampai akhirnya "putus". Kecepatan penurunan kinerja ini berbeda untuk setiap jenis lampu. Selain itu, akumulasi debu pada lampu, armatur dan permukaan ruangan juga akan menurunkan Fluks luminus yang akan diterima oleh bidang kerja. Agar tindakan pemeliharaan pada sistem tata cahaya terjamin pelaksanaannya, maka pemilik atau pengelola bangunan sebaiknya memiliki buku petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan sistem tata cahaya bangunan. Buku ini berisi data dan informasi lengkap mengenai sistem listrik untuk tata cahaya yang mencakup :

- a). Diagram satu garis dari sistem listrik bangunan.
- b). Diagram skematik pengendalian sistem listrik untuk sistem pencahayaan.
- c). Daftar peralatan listrik yang beroperasi pada bangunan terutama untuk pencahayaan.
- d). Daftar pemakaian listrik untuk pencahayaan sesuai dengan jumlah lampu dan jenisnya.
- e). Daftar jenis dan karakteristik dari setiap lampu yang digunakan.
- f). Daftar urutan pemeliharaan.

Dengan adanya buku manual yang berisi informasi ini, tindakan pemeliharaan dan pengendalian untuk sistem pencahayaan dapat dilakukan dengan baik.

6.3.1. Penurunan Fluks Luminus.

Ada dua faktor yang harus diperhitungkan dalam menentukan waktu penggantian lampu yaitu ; penurunan fluks luminus lampu dan probabilitas “putus”nya lampu.

Penilaian terhadap dua faktor ini sangat tergantung pada jenis lampu yang dipakai.

Untuk lampu yang menggunakan filamen tungsten (lampu pijar, lampu halogen dan lampu pelepasan tekanan tinggi jenis merkuri tungsten) umumnya akan putus sebelum fluks luminusnya turun secara drastis. Oleh karena itu waktu penggantian lampu-lampu jenis ini lebih ditentukan oleh probabilitas “putus”nya lampu itu sendiri. Sedangkan untuk jenis lampu pelepasan lainnya pada umumnya sebelum “putus” akan mengalami penurunan fluks luminus secara drastis. Dengan demikian waktu penggantian ditentukan oleh penurunan fluks luminus dan probabilitas “putus”nya lampu. Namun, meskipun lampu masih dapat menyala, sebaiknya diganti apabila penurunan fluks luminus secara ekonomis sudah tidak menguntungkan ($\pm 60\%$).

6.3.2. Penurunan Kinerja Armatur.

Kinerja armatur berangsur-angsur menurun dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan oleh :

- a). akumulasi debu atau kotoran lain pada permukaan refraktor maupun reflektor, dan
- b). perubahan warna pada kedua permukaan tersebut akibat bertambahnya umur, karena radiasi cahaya lampu atau korosi.

Kecepatan penurunan kinerja ini tergantung pada jumlah dan komposisi debu di udara dan jenis armaturnya.

Tidak ada aturan yang pasti untuk menentukan jadwal pemeliharaan/pembersihan armatur. Pada umumnya untuk menentukan jadwal ini, faktor biaya, kesesuaian waktu pelaksanaan dan efisiensi sistem pencahayaan menjadi faktor-faktor yang harus diperhitungkan. Sebagai petunjuk, pada umumnya pembersihan dilakukan minimal setahun sekali (meskipun untuk tempat-tempat tertentu hal ini tidak cukup). Akan lebih baik apabila waktu pembersihan ini dilakukan bersamaan waktunya dengan waktu penggantian lampu.

6.3.3. Pemeliharaan Permukaan-permukaan Ruangan.

Lapisan debu dan kotoran yang menempel pada seluruh permukaan ruangan (dan kaca) akan mengurangi faktor refleksi (dan transmisi) cahaya yang berarti akan menurunkan tingkat pencahayaan di dalam ruangan tersebut.

Kecepatan penurunan faktor refleksi (dan faktor transmisi) bervariasi bergantung pada :

a). Tekstur Permukaan.

Untuk permukaan yang mengkilap (*glossy*) dan agak mengkilap (*semi glossy*), maka penurunannya akan lebih lambat dari pada permukaan “kasar” (*matt*) dan lebih mudah dibersihkan.

b). Kemiringan Permukaan.

Akumulasi debu pada permukaan vertikal tidak secepat akumulasi pada permukaan horisontal.

- c). Lokasi bangunan dan kegiatan yang dilakukan di dalam ruangan.

- d). Pengaruh kondisi lingkungan (misalnya hujan).
- e). Jadwal pembersihan dan renovasi.

Satu hal yang perlu diingat bahwa tingkat pencahayaan pada bidang kerja diperoleh dari pencahayaan langsung armatur dan pencahayaan difus pantulan pada langit-langit dan dinding. Oleh karena itu, pengaruh akumulasi debu pada permukaan terhadap tingkat pencahayaan pada bidang kerja akan lebih besar pada ruangan yang tidak menggunakan armatur dengan distribusi cahaya langsung.

Apendiks A

Tabel A1 : Daya listrik maksimum untuk pencahayaan yang diijinkan

Jenis ruangan bangunan	Daya pencahayaan maksimum W/m ² (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit :	
Ruang Pasien.	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

Tabel A2 : Daya pencahayaan maksimum untuk tempat di luar lokasi bangunan gedung *)

Lokasi	Daya pencahayaan (Watt/m ²)
Pintu masuk dengan kanopi :	
- Lalu lintas siobuk seperti Hotel, Bandara dan Teater.	30
- Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah	15

*)). Belum termasuk rugi-rugi balast.

Tabel A3 : Daya pencahayaan maksimum untuk jalan dan lapangan. *)

Lokasi	Daya Pencahayaan (Watt/m ²)
Tempat penimbunan atau tempat kerja.	2,0
Tempat untuk aktivitas santai seperti taman, tempat rekreasi, dan tempat piknik.	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki.	1,5
Tempat parkir.	2,0

*) . Belum termasuk rugi-rugi balast.

Apendiks B.

Rentang A-Sound level dan Kriteria NC untuk beberapa fungsi bangunan

Fungsi bangunan	Rentang A-Sound level dB	Rentang kurva kriteria NC
Rumah tinggal :		
Rumah pribadi	25 ~ 35	20 ~ 30
Rumah pribadi	30 ~ 40	25 ~ 35
Apartemen, 2 dan 3 kamar.	35 ~ 45	30 ~ 40
Hotel :		
Kamar hotel.	35 ~ 45	30 ~ 40
Ballroom, banquet room	35 ~ 45	30 ~ 40
Hall, dan koridor, lobi.	40 ~ 50	35 ~ 45
Garasi	45 ~ 55	40 ~ 50
Dapur dan binatu.	45 ~ 55	40 ~ 50
Rumah sakit dan Klinik :		
Kamar pribadi.	30 ~ 40	25 ~ 35
Ruang operasi, perawatan.	33 ~ 45	30 ~ 40
Laboratorium, Hall dan koridor.		
Lobi dan ruang tunggu.	40 ~ 50	35 ~ 45
Ruang cuci dan toilet.	45 ~ 55	40 ~ 50
Kantor :		
Ruang Direksi.	25 ~ 35	20 ~ 30
Ruang konperensi.	30 ~ 40	25 ~ 35
Kantor eksekutif.	35 ~ 45	30 ~ 40
Kantor supervisor, kamar resepsi.	35 ~ 50	30 ~ 45
Kantor ruang terbuka, ruang gambar.	40 ~ 50	35 ~ 45
Hall dan koridor	40 ~ 55	35 ~ 50
Tabulasi dan komputasi.	45 ~ 65	40 ~ 60
Auditorium dan gedung musik :		
Hall untuk konser dan opera.		
Studio rekaman suara.	20 ~ 30	15 ~ 22
Gedung pertunjukan dan gedung serbaguna.	30 ~ 35	25 ~ 30
Ruang pelatihan dan planetarium, Lobi	40 ~ 50	35 ~ 45

Bibliografi

- 1 *National Electric Code*
- 2 *Illuminating Engineering Society (IES)*
- 3 *International Electrotechnical Commission (IEC)*
- 4 *Australian Standard*